

**О.А. РОЗЕНБЕРГ**, д-р техн. наук, **С.Ф. СТУДЕНЕЦ**,  
**В.В. МЕЛЬНИЧЕНКО**, Киев, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОГО ПРОТЯГИВАНИЯ ГИЛЬЗ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ИЗ АНТИФРИКЦИОННЫХ ЛЕГИРОВАННЫХ ЧУГУНОВ**

В статті наведені результати експериментальних досліджень комбінованого протягування гільз двигунів внутрішнього сгорання, виготовлених з антифрикційних легированих чавунів марок АХНМГ, АХНМД.

В статье приведенные результаты экспериментальных исследований комбинированного протягивания гильз двигателей внутреннего сгорания, изготовленных из антифрикционных легированных чугунов марок АХНМГ, АХНМД.

In article results of experimental researches combined broaching sleeves of the internal combustion engines made from antifrictional irons of marks АХНМГ, АХНМД are presented.

Резание материалов, несмотря на высокую трудоемкость и себестоимость, остается универсальным и наиболее востребованным методом механической обработки. Развитие и совершенствование прогрессивных альтернативных способов производства изделий машиностроения, таких как порошковая металлургия, литье под давлением, сварка и другие, не привели к принципиальному снижению объема лезвийной обработки, доля которой в общей стоимости готового изделия стабильно удерживается на уровне 30...60 %.

Обеспечение качества и производительности лезвийной обработки концентрируется вокруг ряда проблем, которые в научном и техническом плане продолжают оставаться злободневными. К этим проблемам в первую очередь можно отнести повышение прочности, стойкости и надежности металлорежущего инструмента. Решение таких задач имеет растущую актуальность в связи с постоянным увеличением стоимости компонентов инструментальных материалов, широким использованием в машиностроении жаропрочных и труднообрабатываемых материалов, внедрением высокоскоростных методов механической обработки и

ужесточением общих требований к точности обработки и качеству поверхностей деталей машин.

В настоящее время в двигателестроении, находят широкое применение новые антифрикционные, легированные чугуны марок АХНМГ, АХНМД, применяемые для изготовления гильз тепловозных двигателей. Твердость таких чугунов находится в диапазоне 220–300 НВ. В сочетании с другой, не менее важной, особенностью, оказывающей существенное влияние на выбор вида механической обработки гильз тепловозных двигателей, являются их размеры: внутренний диаметр – 190–300 мм, наружный диаметр – 250–370 мм, длина 540–1200 мм. Таким образом, возникает некоторое противоречие между достаточно нежесткой формой детали и такими свойствами материала как сравнительно высокая твердость и низкая пластичность, поскольку такие чугуны имеют перлитную или бейнитную (перлитно-аустенитную) структуру.

В современном двигателестроении эта проблема решена следующим образом. Для обработки отверстий в гильзах двигателей внутреннего сгорания из легированных чугунов применяют четыре основных технологических операции:

- черновое растачивание на горизонтально-расточных станках;
- алмазное растачивание на вертикальных алмазно-расточных станках;
- черновое хонингование;
- чистовое хонингование.

Процесс алмазного растачивания характеризуется низкой производительностью (путь резания от 3500 до 6500 м, в зависимости от выбранного режима точения, на длине детали 540 мм), нестабильностью качественных показателей обработанной поверхности и значительными затратами на инструмент из сверхтвердых материалов, который быстро изнашивается в условиях обработки легированного чугуна.

Результаты анализа литературных источников по теме исследований показал, что процесс протягивания отверстий больших диаметров в деталях из малопластичных материалов, в том числе высоколегированных чугунов, не только не применяется в производстве, но и практически не изучен. Также, необходимо отметить, что существующие технологические решения, рекомендации и инструмент, которые используются для протягивания внутренних полостей в деталях из малопластичных материалов, являются неприемлемыми при применении комбинированного протягивания для обработки больших отверстий в изделиях типа "гильза" из антифрикционных, легированных чугунов. Приведенные в литературе результаты исследований

не дают возможности определять с необходимой точностью параметры поверхностного слоя обработанной поверхности детали на стадии проектирования технологической операции, так как такие виды механической обработки, как режущее и деформирующее протягивание, а также их комбинации не рассматривались, как перспективные для обработки внутренних полостей гильз тепловозных двигателей.

Перечисленные факторы и обуславливают актуальность исследований, направленных на поиск эффективных методов и схем обработки крупногабаритных гильз из специальных марок чугунов.

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины были проведены предварительные экспериментальные исследования применения различных схем комбинированного протягивания и вариантов конструкций инструмента для обработки отверстия диаметром 261 мм в гильзе длиной 542 мм. Анализ результатов эксперимента [1], позволяет сделать вывод о перспективности использования комбинированного протяжного инструмента для обработки полостей в крупногабаритных гильзах из антифрикционных легированных чугунов. Авторами работы было выявлено ряд технологических особенностей, которые позволили создать предпосылки применения процесса комбинированного деформирующе-режуще-деформирующего протягивания для получения отверстий в крупных чугунных цилиндрах, которые имели следующие параметры точности и качества обработанной поверхности:

Нецилиндричность:

– некруглость – 0,015 мм;

– отклонение профиля в продольном сечении – 0,015 мм.

Непрямолинейность оси обработанного отверстия – 0,03 мм.

Неперпендикулярность оси внутреннего отверстия относительно торцов цилиндра – 0,1 мм.

Шероховатость обработанной поверхности  $R_z = 3,2$  мкм.

Однако, для создания научных и технологических основ применения процесса комбинированного протягивания для обработки больших отверстий в гильзах двигателей тепловозов из антифрикционных, жаростойких марок чугунов необходимо провести комплекс исследований по определению влияния технологических параметров процесса комбинированного протягивания, схемы обработки, конструкции инструмента на условия контактного взаимодействия инструмента с деталью, точность, качество и физико-механические свойства обработанной поверхности.

Основными направлениями достижения поставленной цели являются:

- определение условий базирования и перемещения в системе «инструмент-деталь» в процессе протягивания с учетом параметров детали и технологического оборудования;
- изучение особенностей процесса стружкообразования при режущем протягивании деталей типа «гильза» из легированных чугунов;
- использование локального упрочнения обрабатываемого материала за счет реализации оптимальных путей деформирования для упрочнения поверхностного слоя обработанного изделия.

Перечисленные направления являются основой для разработки схемы процесса и инструмента для комбинированного протягивания крупногабаритных цилиндров из малопластичных материалов.

Для реализации поставленных задач был создан исследовательский компьютеризированный стенд на базе измерительной системы протоколирования данных УИС-10 МИКРОТЕХ® для изучения методом масштабного моделирования на заготовках меньших размеров деформационных процессов, которые протекают в зоне контакта рабочих элементов комбинированной протяжки с обрабатываемой поверхностью (рис.1). В состав стенда были включены также тензометрический динамометр оригинальной конструкции, который через специально разработанный аналогово-цифровой преобразователь подключался к компьютеру для регистрации сил протягивания. Таким образом, в процессе комбинированного протягивания на компьютер через USB порты поступала информация о смещении заготовки относительно базовых поверхностей в устройстве, деформации наружной поверхности заготовки в двух сечениях и осевой силе протягивания.

В процессе проведения экспериментов по моделированию комбинированного деформирующе- режуще- деформирующего протягивания были использованы чугунные гильзы тракторных двигателей, материал которых по химическому составу и механическим свойствам близок к материалу гильз тепловоза А-ХНМГ и А-ХНМД. Поэтому, с достаточной степенью достоверности можно считать, что обрабатываемость используемых гильз резанием и деформированием будет адекватна обрабатываемости тепловозных гильз из вышеуказанных марок чугунов.

Длина заготовки – 246 мм, а внутренний диаметр -110 мм. Толщина стенки-6,75...7,5мм. Размеры заготовки для исследований показаны на рисунке 2.

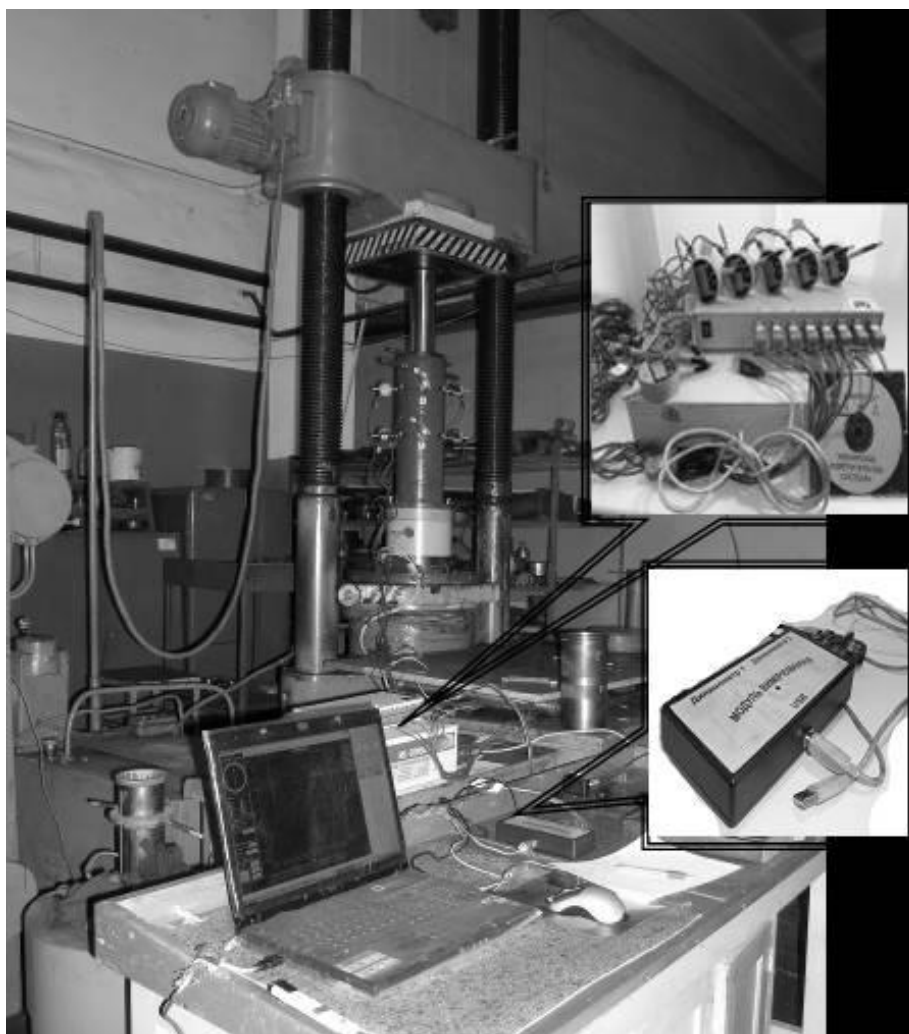


Рисунок 1 – Исследовательский стенд для изучения процесса комбинированного протягивания

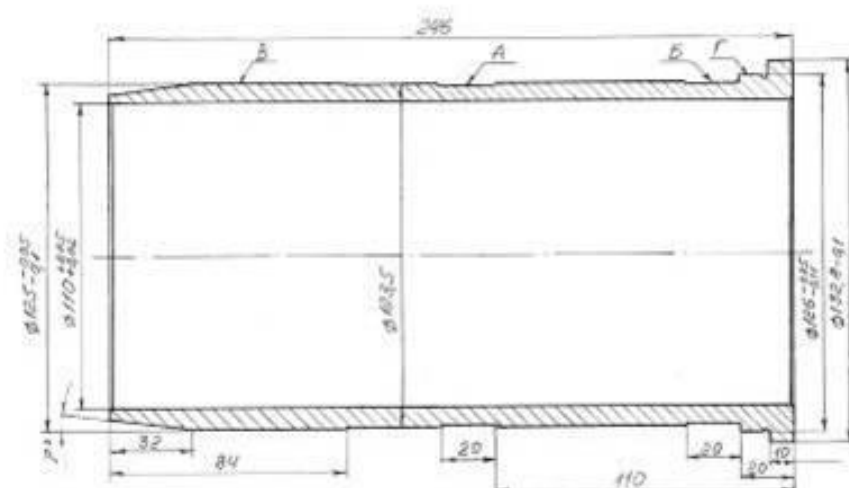


Рисунок 2 – Размеры гильзы для проведения экспериментальных исследований

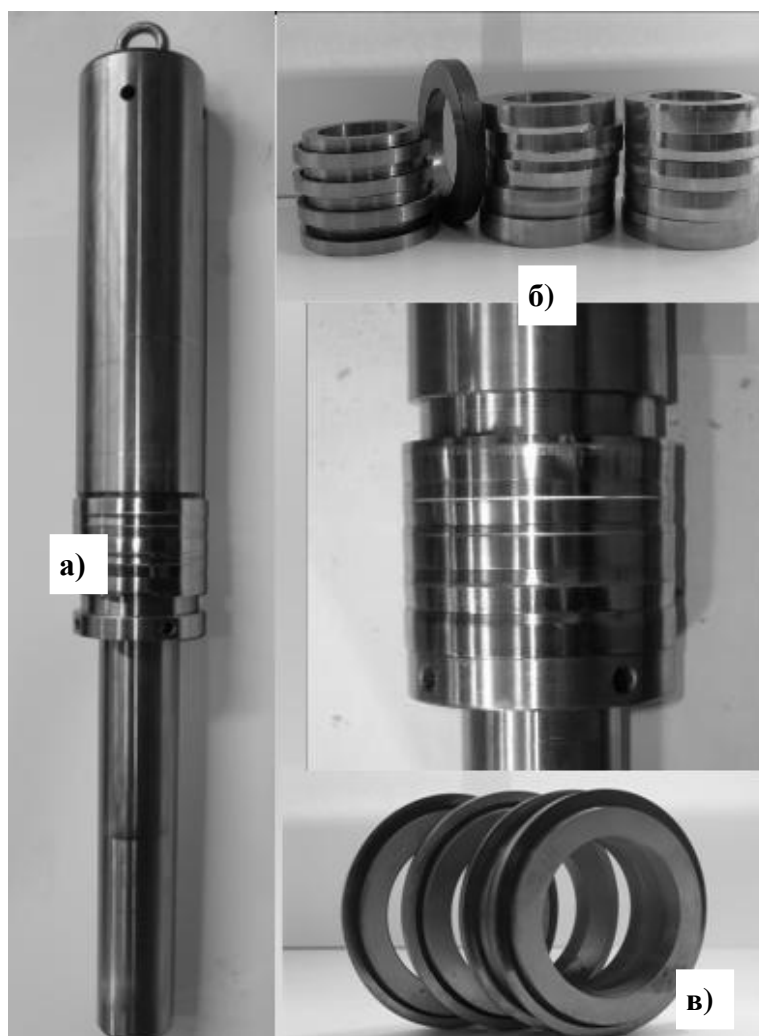
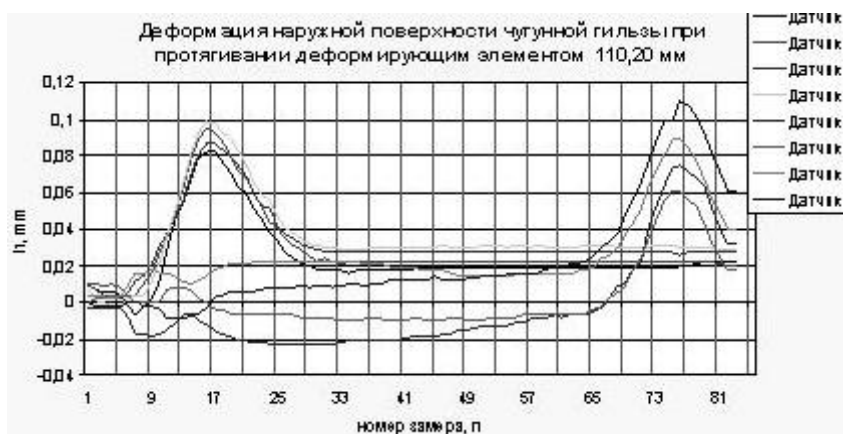


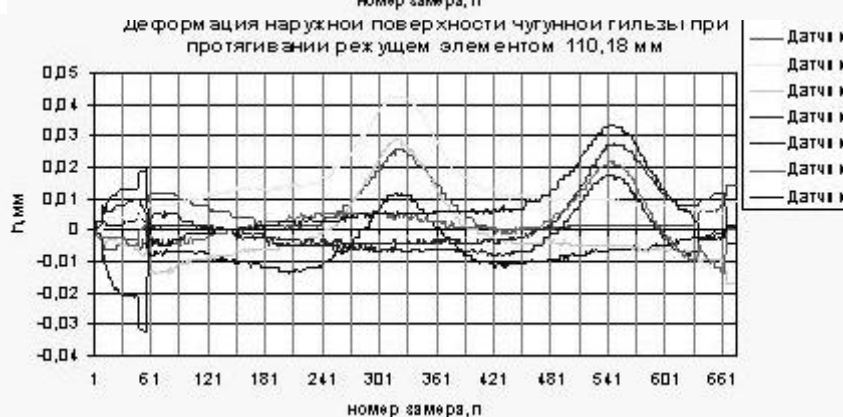
Рисунок 3 – Комбинированная протяжка а) и комплект деформирующих б) и режущих в) элементов.

На рисунке 3 представлен комбинированный протяжной инструмент и комплект режущих и деформирующих элементов, позволяющий осуществлять различные варианты комбинированного протягивания.

В результате экспериментального изучения деформационных процессов на внешней поверхности заготовки в процессе комбинированного протягивания впервые были установлены размеры волны упругопластической деформации (рис.4), которая выходит на внешнюю поверхность обрабатываемой детали и охватывает значительную по длине зону, как впереди, так и позади деформирующих и режущих элементов протяжки, а также установленные размеры упругой и пластической долей деформации обработанной поверхности. Полученные результаты позволяют оптимизировать взаимное расположение и геометрические параметры рабочих элементов протяжки с целью получения обработанной поверхности с заданными параметрами точности и качества.



а)



б)

Рисунок 4 – Графическое представление записи волны упруго пластической деформации образующейся на:

а) – деформирующем элементе; б) – режущем элементе протяжки.

Результаты микродюрометрических исследований поверхностного слоя обработанной поверхности в процессе деформирующего протягивания свидетельствуют о возможности упрочнения поверхностного слоя обработанного отверстия в гильзах из легированных чугунов на 22...28% при относительной деформации обрабатываемой поверхности в пределах 0,33...0,35% (рис.5). Определено, что количество циклов деформации, при которых относительное упрочнение поверхностного слоя обработанной поверхности имеет максимальные значения, равняется двум.

Установлено, что в процессе режущего протягивания антифрикционных, легированных чугунов образовывается стружка, которая состоит из элементов, размер которых не зависит от толщины срезаемого слоя, и составляет 0,2...0,25 мм в направлении резания вдоль оси заготовки. При увеличении толщины срезаемого слоя свыше 0,2 мм вид стружки изменяется из надлома на элементную. Это изменение сопровождается созданием веретенообразных валиков, размещение которых в канавке для стружки характеризуется низкой степенью уплотнения. Такую особенность процесса стружкообразования весьма

важно учитывать при проектировании полостей для сбора стружки в конструкции протяжного инструмента, который применяется при обработке больших отверстий, так как объем срезаемого материала может быть значительным и при превышении объема стружечных канавок может происходить заклинивание инструмента в гильзе.

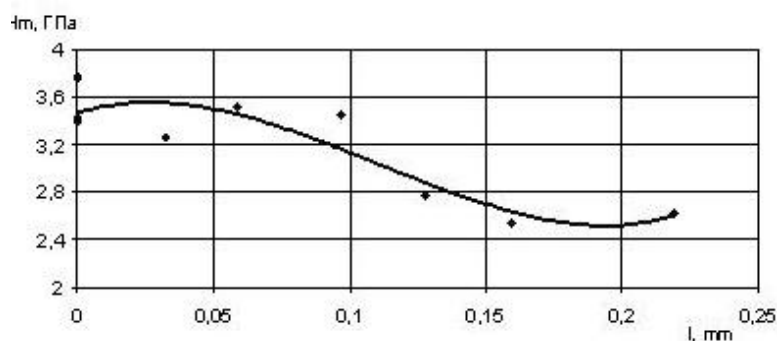


Рисунок 5 – Распределение микротвердости по глубине после деформирующего протягивания элементами  $\varnothing 110,31$ ;  $\varnothing 110,34$  мм угол  $2^\circ$ .

Экспериментально определено, что при относительной деформации в пределах  $\varepsilon = 0,18 \dots 0,28\%$  (рис.6) внутренней поверхности гильз из антифрикционных, легированных чугунов, обработанной деформирующим протягиванием, можно получить микрорельеф с плоскими вершинами (рис.7), который характеризуется карманами для смазки, расположенными в плоскостях перпендикулярных оси вращения гильзы. Формирование такого рельефа позволит сократить базовый технологический процесс на две операции: чистового (алмазного) растачивания и предварительного хонингования.

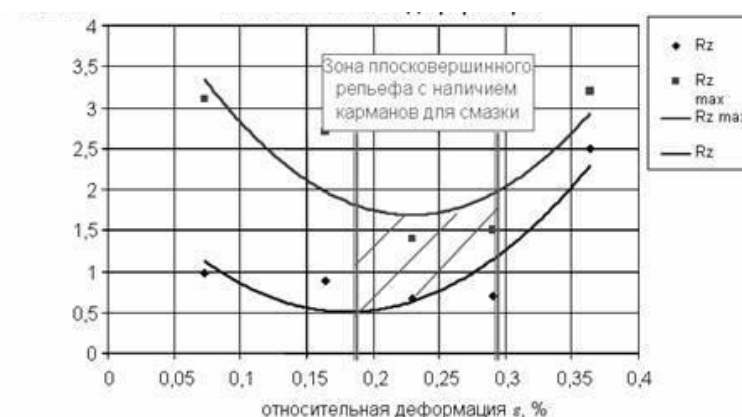


Рисунок 6 – Зависимость шероховатости протянутой поверхности от относительной деформации  $\varepsilon$  заготовки



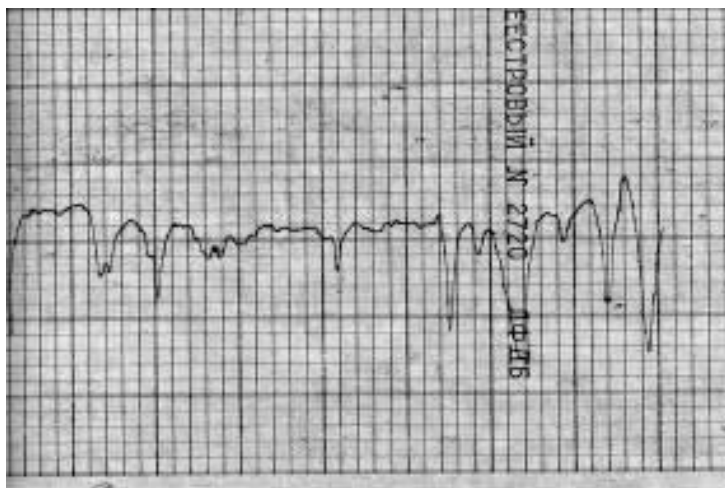


Рисунок 7 – Профилограмма обработанной деформирующим протягиванием поверхности гильзы из легированного чугуна при относительной деформации заготовки  $\varepsilon=0,2\%$ .

Установлено, что при деформирующем протягивании гильз из легированных чугунов существует максимальная усадка (уменьшение диаметра обработанного отверстия по сравнению с диаметром последнего деформирующего элемента), составляющая 89% от суммарного натяга при его значении  $a=0,32$  мм.

Определен характер и параметры износа деформирующих элементов при комбинированном протягивании антифрикционных легированных чугунов. Установлено, что при угле рабочего конуса  $\alpha=2^\circ$  величина износа минимальная.

Основываясь на представленных выше результатах выполненных исследований, были спроектированы деформирующе-режуще-деформирующая протяжка сборной конструкции и специальное технологическое приспособление для базирования обрабатываемой заготовки (гильза двигателя тепловоза с внутренним диаметром 260 мм) и точного перемещения инструмента относительно обрабатываемой поверхности для реализации процесса комбинированного протягивания на гидравлическом прессе аккумуляторного типа. Разработаны рекомендации по их использованию в процессе протягивания крупногабаритных гильз из антифрикционных легированных чугунов.

**Список литературы:** 1. Розенберг О.А., Студенец С.Ф., Мельниченко В.В. Особенности использования комбинированного протяжного инструмента для обработки внутренних полостей крупных чугунных цилиндров//Породоразрушающий и металло-обрабатывающий инструмент - техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. - К.: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – Вып. 11. - С. 428-433.